

М.І. Васьківський, к.т.н., с.н.с.
І.Б. Чепков, д.т.н., проф.

ЦНДІ озброєння та військової техніки Збройних Сил України

МЕТОДИЧНИЙ ПІДХІД ІЗ ВИЗНАЧЕННЯ ВИМОГ ДО СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО ЗОВНІШНЬОГО ЦІЛЕВКАЗУВАННЯ ЕКІПАЖАМ БРОНЕТАНКОВОГО ОЗБРОЄННЯ

Запропоновано методологічний підхід із визначення рівня вимог, які необхідно висувати до структури систем автоматичного зовнішнього цілевказування екіпажам бронетанкового озброєння. Підхід засновано на математичному моделюванні процесів розвідки цілей екіпажем за багатоканальними схемами з використанням положень теорії марківських процесів.

Постановка проблеми. Значний вплив на підвищення ефективності вогню із зразків бронетанкового озброєння (БТО) має оснащення їх досконалими системами управління вогнем (СУВ). Сучасні СУВ містять багатофункціональні комбіновані комплекси спостереження та прицілювання, побудовані з використанням оптичних, електронно-оптичних, телевізійних та тепловізійних приладів, вбудовані лазерні далекоміри, стабілізатори озброєння, балістичні обчислювачі та різноманітні датчики, що дозволяють об'єктивно враховувати відмінність умов стрільби від нормальних. Основною тенденцією сучасного розвитку систем спостереження є комплексування типів приладів, яке направлене насамперед на забезпечення пошуку цілей та ведення стрільби в умовах слабкої освітленості і пониженої прозорості атмосфери (в т. ч. при наявності завад спостереженню). З цієї ж причини з'являються напрацювання щодо впровадження радіолокаційних прицільних приладів до складу БТО та артилерійських систем [1], а також спроби створення автоматичних систем виявлення та розпізнавання (лазерних, радіолокаційних) для комплексів спостереження та розвідки цілей СУВ бойових машин.

Для більшої швидкодії по розвіданим цілям переважна більшість прицільних комплексів сучасних танків і бойових машин піхоти (БМП) мають режими повноцінного дублювання вогнем з місця командира. Досвід застосування на танках панорамних прицілів починає поширюватися на БМП, а для легких броньованих машин створюються дистанційно-керовані модулі озброєння. Також зразки БТО починають оснащуватися інформаційно-управляючими системами (ІУС), які є елементами (згідно з закордонними джерелами – терміналами) автоматизованих систем управління тактичної ланки (АСУ ТЛ) і забезпечують оперативне надання екіпажам даних про цільову обстановку [2]. Цю властивість стали називати тактичною обізнаністю.

Слід зазначити, що для реалізації потенціалу інформаційних можливостей, що надаються ІУС як елементами АСУ ТЛ, необхідне поглиблення їх інтеграції з СУВ зразків БТО. Зокрема, незважаючи на загальну оперативну обізнаність про цільову обстановку, екіпаж вимушений проводити автономний пошук конкретних цілей для їх подальшого ураження. Для усунення цього недоліку необхідна реалізація точного зовнішнього цілевказування, яке надавало б можливість скорочення часу на пошук цілей після отримання розпорядження на виконання вогневих завдань. Для постановки відповідної задачі потрібно дослідити передумови, які б визначили основні вимоги до організації та швидкодії автоматичного зовнішнього цілевказування.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. У сучасній теорії танка для вирішення широкого кола завдань досліджень розроблені та достатньою мірою опробовані методологічні підходи до оцінювання основних системних властивостей зразків БТО – вогневої продуктивності, захищеності та рухливості. Незважаючи на те, що такі підходи досить добре розвинені, вони в силу природи досліджуваних процесів не передбачали розгляд інформаційних процесів цілерозподілу (як правило, наявність вихідних даних щодо організації виконання бойових завдань, а також даних з раціонального цілерозподілу між вогневими засобами приймалося як допущення) [1]. При цьому до етапів підготовки стрільби в переважній більшості моделей містився лише одноманітний процес пошуку цілей, узагальнений для всього екіпажу. В багатьох інших джерелах досконалість прицільно-спостережних комплексів описувалася в основному вербально, виходячи з технічного рівня елементів СУВ та переліку виконуваних функцій [3].

Мета статті. Виходячи з того, що існуючі методичні підходи не дозволяють проводити опис процесів багатоканального пошуку цілей, пропонується розробити математичні моделі для дослідження схем поліпшення пошукових властивостей прицільно-спостережних комплексів за рахунок введення каналів автоматичного зовнішнього цілевказування.

Викладення основного матеріалу. Методичний підхід передбачає формалізацію процесу пошуку цілей членами екіпажу за багатоканальними схемами, які відповідають принципам будови спостережно-прицільних комплексів сучасних зразків БТО, шляхом розробки відповідних математичних моделей із

подальшим проведенням порівняння різних варіантів включення до складу систем розвідки каналів зовнішнього цілевказування.

Незважаючи на значні варіації характеристик спостережно-прицільних комплексів та деяку відмінність з комбінування застосованих типів приладів, але виходячи з цільового призначення пошуку (під яким приймемо те, що завершенням циклу стане факт виявлення цілі членом екіпажу, який здатний вести вогонь на її ураження) їх можна звести до двох принципових схем:

– без дубльованого управління озброєнням (варіант 1, табл. 1). Ця схема відповідає структурі СУВ більшості бронетранспортерів (БТР) і БМП. Незважаючи на те, що пошук цілей ведеться паралельно командиром і навідником, але вони не мають можливості швидко порівнювати результати пошуку і потрібен додатковий час на узгодження рішення щодо відкриття вогню, який за тривалістю близький до часу пошуку;

– з дубльованим управлінням озброєнням (варіант 4, табл. 1). Ця схема відповідає структурі СУВ більшості сучасних танків і окремих БМП. За такою схемою пошук цілей ведеться паралельно командиром і навідником, вони можуть швидко обмінюватися результатами пошуку шляхом внутрішнього цілевказування за час, менший від тривалості пошуку. До того ж командир має можливість вести ефективний (на рівні навідника) вогонь, оперативно брати на себе управління або віддавати його навіднику.

Побудова математичних моделей проведена на основі положень теорії марківських випадкових процесів. Для того, щоб визначити числові характеристики впливу приладів спостереження та цілевказування на ефективність даної операції введено допущення, що досліджувані процеси є випадковими з дискретними станами та безперервним часом. При цьому стани даної системи залежать від природи інформаційних процесів, що проходять на певному етапі циклу виявлення, а перехід у наступні стани визначається щільністю ймовірності переходу, що характерно для неоднорідних марківських процесів.

Для кожної схеми складений граф станів системи розвідки (стовпчик 2, табл. 1), при цьому для наочності чорним кольором зафарбовані ті фінальні стани, що відповідають виявленню цілі членами екіпажу, які здатні вести вогонь. На основі графів складені рівняння Колмогорова, що описують імовірності знаходження системи розвідки в кожному стані (стовпчик 3, табл. 1). Розв'язання цих рівнянь при допущенні, що інтенсивність потоків переходів не залежить від часу, а початкові умови становлять $P_0 = 1$, $P_{1, 2} = 0$ при $t = 0$, дозволило отримати вирази для визначення ймовірності знаходження системи в станах у функції від часу (стовпчик 4, табл. 1). Зважаючи на те, що отримані відношення досить громіздкі та не зручні для оперативного використання, тому надані вирази для визначення математичного очікування часу пошуку цілі. Ці відношення отримані з використанням теореми складання математичних очікувань, при цьому для паралельних потоків береться сума значень щільності потоків пошуку, а для послідовних – середнього часу пошуку.

Для дослідження напрямів поліпшення пошукових властивостей прицільно-спостережних комплексів за рахунок введення каналів автоматичного зовнішнього цілевказування як альтернативні варіанти розглядаються такі модифікації вказаних схем:

– 2 – варіант 1, у якому цілевказівка надається командирові, а він не маючи дубльованого управління передає її навідникові;

– 3 – варіант 1, у якому зовнішня цілевказівка від автоматичних приладів (АП) надається напряму навідникові;

– 5 – варіант 3, у якому цілевказівка від АП надається командирові, а він має можливість вести самостійно ефективний вогонь чи оперативно передати управління навідникові;

– 6 – варіант 3, у якому цілевказівка від АП надається одночасно командирові та навіднику, вони паралельно ведуть пошук за отриманими даними і кожний з них має можливість негайно відкривати ефективний вогонь чи оперативно передати управління один одному.

У виразах таблиці 1 прийнято такі позначення:

τ_k, τ_n – інтенсивність розвідки цілі (потік розвіданих цілей) командиром і навідником, c^{-1} ;

$\tau_a, \tau_{ak}, \tau_{an}$ – інтенсивність зовнішнього цілевказування від АП та обробки цих даних командиром і навідником, c^{-1} ;

τ_{kn} – інтенсивність цілевказування командиром навіднику, c^{-1} ;

$\tau_{\Sigma kn}, \tau_{\Sigma kna}, \tau_{\Sigma ka}, \tau_{\Sigma na}$ – суми інтенсивності розвідки командиром, навідником і отримання даних від АП у відповідних комбінаціях, c^{-1} ;

$\tau_{\Sigma kn}$ – сума інтенсивності обробки командиром і навідником даних від АП, c^{-1} .

Таблиця 1

Математичні моделі процесів розвідки цілі екіпажем зразка БТО

№ варіанта	Граф станів системи розвідки цілей	Рівняння Колмогорова для ймовірності станів	Імовірність фінальних станів (P) та математичне очікування часу їх досягнення (Mt)
1		$dP_0 dt = -\tau_{\Sigma kn} \cdot P_0$ $dP_1 dt = \tau_k \cdot P_0 - \tau_{kn} \cdot P_1$ $dP_2 dt = \tau_n \cdot P_0 + \tau_{kn} \cdot P_1$	$P_2 = \frac{[(\tau_{kn} - \tau_n) \ell^{(\tau_{kn} - \tau_{\Sigma kn})t} + (\tau_k - \tau_{kn}) \ell^{\tau_{kn}t} - \tau_k] \cdot \ell^{-\tau_{kn}t}}{\tau_{\Sigma kn} - \tau_{kn}}$ $Mt_1 = \frac{\tau_k + \tau_{kn}}{\tau_k \tau_{kn} + \tau_n (\tau_k + \tau_{kn})}$
2		$dP_0 dt = -\tau_{\Sigma kna} \cdot P_0$ $dP_3 dt = \tau_a \cdot P_0 - \tau_{ak} \cdot P_3$ $dP_1 dt = \tau_k \cdot P_0 + \tau_{ak} \cdot P_3 - \tau_{kn} \cdot P_1$ $dP_2 dt = \tau_n \cdot P_0 + \tau_{kn} \cdot P_1$	$P_2 = \frac{\{[\tau_n (\tau_{ak} - \tau_{kn}) \tau_{\Sigma kna} + \tau_{kn}^2 \tau_{\Sigma kn} - \tau_{ak} (\tau_k \tau_{kn} - \tau_n \tau_{ak}) + \tau_{ak} \tau_{kn} (\tau_{kn} - \tau_{ak})] \times \\ \times \ell^{(\tau_{ak} + \tau_{kn} - \tau_{\Sigma kna})t} + [\tau_{\Sigma kna}^2 (\tau_{kn} - \tau_{ak}) + \tau_{\Sigma kna} (\tau_{ak}^2 - \tau_{kn}^2) + \tau_{ak} \tau_{kn} (\tau_{kn} - \tau_{ak})] \times \\ \times \ell^{(\tau_{ak} \tau_{kn})t} + [\tau_{ak} \tau_{\Sigma kna} \tau_{\Sigma kna} + \tau_k \tau_{ak} \tau_{kn} - \tau_k (\tau_n \tau_{\Sigma kn} + \tau_{ak}^2) - \tau_a (\tau_k \tau_{kn} + \tau_{ak}^2)] \times \\ \times \ell^{\tau_{ak}t} + [\tau_{kn} \tau_a (\tau_{kn} - \tau_{\Sigma kna})] \ell^{\tau_{kn}t}\} \cdot \ell^{-(\tau_{ak} + \tau_{kn})t}}{(\tau_{kn} - \tau_{ak}) (\tau_{kn} - \tau_{\Sigma kna}) (\tau_{ak} - \tau_{\Sigma kna})}$ $Mt_2 = \frac{(\tau_k + \tau_{kn}) \tau_a \tau_{ak} + \tau_a + \tau_{ak}}{\tau_a \tau_{ak} (\tau_k \tau_{kn} + \tau_n (\tau_k + \tau_{kn})) (\tau_a + \tau_{ak}) + (\tau_{kn} + \tau_n) (\tau_a + \tau_{ak})}$
3		$dP_0 dt = -\tau_{\Sigma kna} \cdot P_0$ $dP_1 dt = \tau_k \cdot P_0 - \tau_{kn} \cdot P_1$ $dP_3 dt = \tau_a \cdot P_0 - \tau_{an} \cdot P_3$ $dP_2 dt = \tau_n \cdot P_0 + \tau_{kn} \cdot P_1 + \tau_{an} \cdot P_3$	$P_2 = \frac{[\tau_k (\tau_{an} - \tau_{\Sigma kna}) \ell^{(\tau_{\Sigma kna} - \tau_{kn})t} + \tau_a (\tau_{kn} - \tau_{\Sigma kna}) \cdot \ell^{(\tau_{\Sigma kna} - \tau_{an})t} + \\ + (\tau_{\Sigma kna} (\tau_{\Sigma kna} - \tau_{kn} - \tau_{an}) + \tau_{kn} \tau_{an}) \cdot \ell^{\tau_{\Sigma kna}t} + \\ + \tau_{kn} \tau_{\Sigma kn} + \tau_{\Sigma kna} \tau_{an} - \tau_n \tau_{\Sigma kna} - \tau_{kn} \tau_{an}] \cdot \ell^{-\tau_{\Sigma kna}t}}{(\tau_{\Sigma kna} - \tau_{kn}) (\tau_{\Sigma kna} - \tau_{an})}$ $Mt_3 = \frac{(\tau_k + \tau_{kn}) (\tau_a + \tau_{an})}{\tau_k \tau_{kn} (\tau_a + \tau_{an}) + \tau_n (\tau_k + \tau_{kn}) (\tau_a + \tau_{an}) + \tau_a \tau_{an} (\tau_k + \tau_{kn})}$
4		$dP_0 dt = -(\tau_k + \tau_n) \cdot P_0$ $dP_1 dt = \tau_k \cdot P_1$ $dP_2 dt = \tau_n \cdot P_2$	$P_1 + P_2 = 1 - \ell^{-\tau_{\Sigma kn}t}$ $Mt_4 = \frac{1}{\tau_k + \tau_n}$
5		$dP_0 dt = -\tau_{\Sigma kna} \cdot P_0$ $dP_3 dt = \tau_a \cdot P_0 - \tau_{ak} \cdot P_3$ $dP_1 dt = (\tau_{ak} + \tau_k) \cdot P_1$ $dP_2 dt = \tau_n \cdot P_2$	$P_1 + P_2 = \frac{[(\tau_{\Sigma kna} - \tau_{ak}) \ell^{\tau_{\Sigma kna}t} - \tau_a \ell^{(\tau_{\Sigma kna} - \tau_{ak})t} + \tau_{ak} - \tau_{\Sigma kn}] \cdot \ell^{-\tau_{\Sigma kna}t}}{\tau_{\Sigma kna} - \tau_{ak}}$ $Mt_5 = \frac{\tau_a + \tau_{ak}}{(\tau_a + \tau_{ak}) (\tau_k + \tau_n) + \tau_a \tau_{ak}}$
6		$dP_0 dt = -\tau_{\Sigma kna} \cdot P_0$ $dP_3 dt = \tau_a \cdot P_0 - \tau_{ak} \cdot P_3$ $dP_1 dt = (\tau_{ak} + \tau_k) \cdot P_1$ $dP_2 dt = (\tau_{an} + \tau_n) \cdot P_2$	$P_1 + P_2 = \frac{\tau_{\Sigma kn} - \tau_{\Sigma kna} + \tau_a \ell^{-\tau_{\Sigma kna}t} - (\tau_{\Sigma kn} - \tau_{\Sigma kn}) \ell^{-\tau_{\Sigma kna}t}}{\tau_{\Sigma kn} - \tau_{\Sigma kna}}$ $Mt_6 = \frac{(\tau_a + \tau_{ak}) (\tau_a + \tau_{an})}{(\tau_a + \tau_{an}) (\tau_k (\tau_a + \tau_{ak}) + \tau_a \tau_{ak}) + (\tau_a + \tau_{ak}) (\tau_n (\tau_a + \tau_{an}) + \tau_a \tau_{an})}$ <p style="text-align: center;">при $\tau_{ak} = \tau_{an}$ $Mt_6 = \frac{(\tau_a + \tau_{ak})}{(\tau_a + \tau_{ak}) (\tau_k + \tau_n) + 2\tau_a \tau_{ak}}$</p>

Отримані математичні моделі, що описують процес пошуку цілей екіпажем, дозволяє досліджувати вплив як способів інтегрування засобів зовнішнього цілевказування з СУВ зразків БТО, так і їх характеристик (тобто в інтересах як структурного, так і параметричного аналізу).

Для порівняльного аналізу потенціалу вказаних структурних схем побудови спостережно-прицільних комплексів та варіантів їх інтегрування із засобами автоматизованого зовнішнього цілевказування надано розрахунки за даними, представленими в таблиці 2. Аналіз результатів досліджень (табл. 3) параметрів розглянутих математичних моделей процесу пошуку дозволив зробити такі висновки щодо оптимальності вибору перспективних структур:

- введення АП для зовнішнього цілевказування дозволяє суттєво скоротити середній час пошуку цілі для спостережно-прицільних комплексів, незалежно від принципів схем їх будови та інтеграції. При цьому найбільший ефект отримується для найбільш тяжких умов спостереження (під час руху, на більшій дальності, а вочевидь і в інших погіршених умовах);

- для СУВ без дубльованого управління вогнем інтеграцію АП доцільно будувати з передачею даних безпосередньо навіднику, тому що $Mt_3 < Mt_2$ для всіх умов;

- для СУВ з дубльованим управлінням вогнем кращим для інтеграції з АП є варіант паралельного надання даних командирю та навіднику ($Mt_6 < Mt_5$ для всіх умов).

Таблиця 2

Вхідні дані для структурного аналізу систем прицілювання

Умова пошуку		Інтенсивність розвідки цілі та цілевказування, с ⁻¹					
		τ_k	τ_n	$\tau_{кн}$	τ_a	$\tau_{ак}$	$\tau_{ан}$
під час руху	дальність 2500 м	0,02	0,02	0,05	0,5	0,05	0,05
	дальність 1000 м	0,07	0,07	0,1	0,5	0,1	0,1
на місці	дальність 2500 м	0,1	0,1	0,1	0,5	0,15	0,15
	дальність 1000 м	0,3	0,3	0,15	0,5	0,25	0,25

Таблиця 3

Дані порівняльної оцінки варіантів структури систем прицілювання

Умова пошуку		Середній час пошуку цілі для варіантів структури систем прицілювання, с					
		1	2	3	4	5	6
під час руху	дальність 2500 м	29,2	14,3	12,5	14,3	11,7	7,64
	дальність 1000 м	9	5,93	5,14	5,88	4,48	3,26
на місці	дальність 2500 м	6,67	5,05	3,77	5	3,17	2,32
	дальність 1000 м	2,5	2,27	1,77	2,22	1,3	1,07

Аналіз змістовної суті отриманих математичних моделей (табл. 1) показує, що на ступінь покращення розвідувальних властивостей СУВ за рахунок інтеграції з АП зовнішнього цілевказування значною мірою залежить від співвідношення характеристик АП, зокрема показників τ_a , $\tau_{ак}$, $\tau_{ан}$. При цьому необхідно в кожному випадку визначитися з суттю процесів, що вкладаються в ці показники, виходячи з конкретної організації обміну та будови АП.

Під інтенсивністю зовнішнього цілевказування τ_a можна приймати як власне передачу даних за допомогою АП із загальної мережі (наприклад, АСУ ТЛ при забезпеченні в ній оперативного оновлення даних цільової обстановки), так і затрати часу груповими засобами на розвідку цілей, організацію цілерозподілу і передачу даних. У першому випадку величина τ_a буде мінімальною, так як технології передачі даних у цифровому вигляді дозволяють здійснювати обмін майже в реальному масштабі часу, а для другого – необхідно визначити вимоги до швидкодії та процесів функціонування АП.

Під інтенсивністю обробки командиром і навідником отриманих даних ($\tau_{ак}$ і $\tau_{ан}$) слід розуміти затрати часу на їх співставлення з даними спостережно-прицільних комплексів СУВ зразка БТО. Це залежить в першу чергу від точності цілевказування, найбільш вагомими складовими якої є точність розвідки цілей та точність орієнтування зразка БТО. Зважаючи на це, вимоги до вказаних показників точності слід обґрунтовувати, виходячи з обмежень, що накладаються на величини $\tau_{ак}$ і $\tau_{ан}$. Для спрощення процедури можна прийняти допущення, що $\tau_{ак} = \tau_{ан}$. Для обґрунтування рівня показників τ_a , $\tau_{ак}$, $\tau_{ан}$ необхідне проведення модельного розрахункового експерименту, виходячи з конкретних варіантів побудови АП.

Висновок. Запропонований методичний підхід дозволяє проводити порівняльний аналіз різних схем побудови систем автоматичного зовнішнього цілевказування екіпажам бронетанкового озброєння з метою вирішення завдань скорочення загального часу пошуку цілей. Підхід дозволяє в подальшому виконати і орієнтовну оцінку необхідного рівня швидкодії вказаних систем для обраних структур.

Список використаної літератури:

1. Васьківський М.І. Деякі аспекти використання радіолокаційних засобів для формування даних про цільову обстановку інформаційно-управляючим системам бронетанкового озброєння / М.І. Васьківський // Системи обробки інформації. – Вип. 5 (95). – Харків : ХУПС, 2011. – С. 14–22.
2. Васьківський М.І. Деякі аспекти побудови удосконалених інформаційно-управляючих систем бронетанкового озброєння / М.І. Васьківський, І.Б. Чепков // Наука і оборона : щокварт. науково-теорет. та науково-практ. журнал МО України. – К., 2011. – № 2. – С. 44–49.

3. *Кораблин В.* Системы управления огнем современных танков и БМП / *В.Кораблин* // Зарубежное военное обозрение [Электронный ресурс]. – Вып. 5–6. – 2001. – Сайт «Военное дело». – Режим доступа : http://www.soldiering.ru/army/tank/suo_obt.php.

ВАСЬКІВСЬКИЙ Михайло Іванович – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, начальник науково-дослідного відділу, заступник начальника науково-дослідного управління Центрального науково-дослідного інституту озброєння та військової техніки Збройних Сил України.

Наукові інтереси:

- інформаційно-управляючі системи;
- вдосконалення систем озброєння.

Тел. (роб.): (044)271–08–74.

E-mail: michael.vaskovsky@gmail.com

ЧЕПКОВ Ігор Борисович – доктор технічних наук, професор, заступник начальника інституту з наукової роботи Центрального науково-дослідного інституту озброєння та військової техніки Збройних Сил України.

Наукові інтереси:

- математичне моделювання;
- системи спостереження.

Тел. (роб.): (044)271–08–45.

E-mail: chepkov@gmail.com

Стаття надійшла до редакції 06.02.2012

Васьківський М.І. Чепков І.Б. Методичний підхід з визначення вимог до систем автоматичного зовнішнього цілевказування екіпажам бронетанкового озброєння

Васьковський М.И. Чепков И.Б. Методический подход по определению требований к системам автоматического внешнего целеуказания экипажам бронетанкового вооружения

Vaskivskiy M.I. Chepkov I.B. Methodical approach of the determination of the requirements to system of the automatic external instruction integer crew of the armored arms

УДК 623.438.3:001.891.57

Методический подход по определению требований к системам автоматического внешнего целеуказания экипажам бронетанкового вооружения / М.И. Васьковський, И.Б. Чепков

Предложен методологический подход по определению уровня требований, которые необходимо выдвигать к структуре систем автоматического внешнего целеуказания экипажам бронетанкового вооружения. Подход основан на математическом моделировании процессов разведки целей экипажем по многоканальным схемам с использованием положений теории марковских процессов.

УДК 623.438.3:001.891.57

Methodical approach of the determination of the requirements to system of the automatic external instruction integer crew of the armored arms / M.I. Vaskivskiy, I.B. Chepkov

The methodological approach is Offered on requirement level determination, which necessary to bring forth to structure of the systems of the automatic external instruction integer crew of the armored arms. Approach is founded on mathematical modeling of the processes of the exploring integer by crew on many-server scheme with use the positions to theories of the casual processes of the Markov.